



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

CS 5-00 VI / 263359

REMISE DES PIÈCES DATE 20 DEC 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0216366 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 20 DEC. 2002		12 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE M. Vladimir CHAVERNEFF THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13 avenue du Président Salvador Allende 94117 ARCUEIL CEDEX	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 62976			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
21 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° / /	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° / /	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/> N° / /	
Demande de brevet initiale			
22 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE D'AUTHENTIFICATION ET D'IDENTIFICATION OPTIQUE D'OBJETS ET DISPOSITIF DE MISE EN ŒUVRE			
23 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
24 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		THALES	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		5 . 5 . 2 . 0 . 5 . 9 . 0 . 2 . 4	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	173 boulevard Haussmann	
	Code postal et ville	75008	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE 20 DEC 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0216366 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		62976	
6 MANDATAIRE			
Nom		CHAUVERNEFF	
Prénom		Vladimir	
Cabinet ou Société		THALES	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325	
Adresse	Rue	13 avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 41 48 45 14	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 41 48 45 01	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence)</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Vladimir CHAUVERNEFF		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI C. TRAN	

PROCEDE D'AUTHENTIFICATION ET D'IDENTIFICATION OPTIQUE D'OBJETS ET DISPOSITIF DE MISE EN OEUVRE

La présente invention se rapporte à un procédé d'authentification
5 et d'identification optique d'objets et à un dispositif de mise en oeuvre de ce
procédé.

Pour authentifier un objet, on peut lui incorporer une marque
difficile à reproduire ou à falsifier, telle qu'une étiquette holographique, ou
bien on peut structurer de façon particulière son matériau de support, par
10 exemple, ou bien encore, on peut inclure dans le matériau d'une des parties
de l'objet des particules ou des composants qui ne sont décelables que par
une observation physique à l'aide d'appareils spéciaux.

On connaît d'après le brevet GB 2 221 870 un procédé
d'authentification d'objets basé sur l'observation du « speckle » (tavelures)
15 rétrodiffusé par une structure embossée sur ces objets, ou bien par la
superposition de deux matériaux d'indices de réfraction différents, ou encore
par des objets de phase qui leur sont incorporés et qui créent une diffusion
dans le volume d'une de leurs couches.

Par ailleurs, on a proposé et utilisé pour l'authentification des
20 billets de banque l'utilisation directe de la structure aléatoire de leur support,
observée en lumière incohérente et associée à une signature électronique
basée sur l'encodage de l'image par un algorithme d'encodage à clé
publique.

Les procédés d'authentification cités ci-dessus nécessitent la
25 modification des objets à authentifier, ce qui n'est pas toujours possible
(oeuvres d'art, objets fragiles,...) ou ne peuvent s'appliquer qu'à certaines
catégories d'objets (billets de banque,...).

La présente invention a pour objet un procédé d'authentification
et/ou d'identification d'objets qui ne nécessite aucune modification de ces
30 objets, qui permette de les authentifier à coup sûr, qui permette de
reconnaître facilement des objets contrefaits, et qui soit facile à mettre en
oeuvre.

La présente invention a également pour objet un dispositif
d'authentification et/ou d'identification d'objets qui soit facile à réaliser et à
35 utiliser, qui puisse être facilement adapté à toute sorte d'objet et qui soit le
moins onéreux possible.

Le procédé conforme à l'invention consiste à illuminer en lumière cohérente une surface au moins partiellement diffusante en volume d'objets témoins dans des conditions d'illumination précises, à enregistrer les figures de tavelures ainsi obtenues pour différentes valeurs nominales de paramètres d'illumination et dans une fourchette de valeurs autour de ces valeurs nominales, puis, lors de la vérification d'autres objets ou de ces mêmes objets, à illuminer ces objets dans les mêmes conditions nominales et à comparer à chaque fois la figure de tavelures ainsi obtenue avec celles qui ont été enregistrées et à retenir les objets si leur figure de tavelures correspond à l'une de celles qui ont été enregistrées.

Le dispositif conforme à l'invention comporte un dispositif optique d'enregistrement à source laser, un dispositif de mémorisation et un dispositif de lecture optique à source laser, des paramètres de ces dispositifs optiques étant modifiables.

Selon une caractéristique de l'invention, les paramètres modifiables des dispositifs optiques sont l'un au moins des paramètres suivants : longueur d'onde de la source laser, direction d'émission du faisceau laser, focalisation du faisceau laser, position de la source laser, inclinaison et position de l'objet par rapport au faisceau laser.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée de plusieurs modes de réalisation, pris à titre d'exemples non limitatifs et illustrés par le dessin annexé, sur lequel :

- les figures 1 et 2 sont des blocs-diagrammes de deux différents modes de réalisation du dispositif optique de lecture du dispositif d'authentification et d'identification conforme à l'invention,
- la figure 3 est un bloc-diagramme d'un mode de réalisation du dispositif optique d'enregistrement du dispositif d'authentification et d'identification conforme à l'invention,
- la figure 4 est une vue simplifiée d'un domaine spectral d'images servant à constituer les références lors de l'enregistrement des figures de tavelures selon le procédé de l'invention, et

- la figure 5 est un bloc-diagramme simplifié d'un mode de réalisation d'un dispositif optique conforme à l'invention pour l'enregistrement de références à holographie électronique.

L'invention s'adresse aussi bien à l'authentification qu'à
5 l'identification d'objets avec les mêmes dispositifs d'enregistrement et de lecture. Par la suite, il ne sera question, pour simplifier, que d'authentification, étant bien entendu que les mêmes appareils et procédés s'appliquent à l'identification.

Si l'on appliquait un procédé connu de formation de tavelures à la
10 surface d'un objet tel qu'un objet opaque ou un écran de phase, en respectant à la lecture approximativement les mêmes conditions d'illumination qu'à l'enregistrement, on obtiendrait les mêmes figures. Cependant, la contrefaçon d'un tel objet est relativement aisée et peut se faire par différents procédés (moulage, copie optique,...).

15 Pour assurer une très bonne protection contre la contrefaçon, l'invention prévoit d'illuminer des objets diffusants ou partiellement diffusants dans leur volume. Ainsi, la copie de ces objets est rendue très difficile. Cependant, la structure de la lumière diffusée devient beaucoup plus sensible à toute variation de chacun des paramètres d'observation.

20 C'est ainsi que si la longueur d'onde utilisée lors du contrôle est différente de celle de l'enregistrement, par suite des dispersions naturelles des diodes laser des sources d'illumination, la figure observée est complètement différente de celle enregistrée. Si le dispositif servant au contrôle (appelé ici dispositif de lecture) est le même que celui qui a servi à
25 l'enregistrement, on peut espérer une bonne reproductibilité. Par contre, si l'on veut développer un système comportant plusieurs lecteurs de faible coût, il est nécessaire de résoudre ce problème. La complexité de la structure des tavelures et sa sensibilité aux divers paramètres d'observation dépendent des caractéristiques du milieu diffusant : sa longueur d'onde
30 moyenne de diffusion, son absorption, le nombre et les caractéristiques géométriques des inhomogénéités. Si l'on a la maîtrise de la conception de l'objet à protéger, on peut choisir selon l'application un milieu faiblement 3D (c'est-à-dire fortement absorbant et faiblement diffusant) ou, au contraire un milieu dans lequel une onde d'illumination subit un trajet complexe, avec de
35 nombreuses diffusions, afin de rendre faible la probabilité de copie ou de

fausse décision. On peut également jouer sur l'épaisseur de la (des) zone(s) où se produit la diffusion.

L'invention prévoit, par construction du système de lecture, de réduire le nombre de paramètres dont dépend le résultat. Ainsi, on choisit
 5 avantageusement une configuration optique tolérante à l'inclinaison. Pour réduire l'effet des paramètres que l'on ne peut complètement maîtriser, on met en oeuvre les caractéristiques suivantes :

-La première de ces caractéristiques consiste à enregistrer les figures de tavelures pour les différentes valeurs que peuvent prendre ces
 10 paramètres non contrôlés, par exemple lorsque la longueur d'onde du faisceau cohérent d'illumination peut différer d'un lecteur à l'autre, on enregistre les figures de tavelures d'un objet pour les diverses longueurs d'onde possibles en lecture. Ce procédé nécessite un système d'enregistrement complexe et coûteux, mais l'opération d'enregistrement est
 15 unique, ou réalisée avec un petit nombre de systèmes d'enregistrement, alors que les lecteurs sont généralement nombreux et doivent être peu coûteux. Cependant, on ne peut enregistrer les figures de tavelures pour un grand nombre de valeurs de paramètres, car la base de données de référence pour un objet donné augmenterait rapidement et pourrait entraîner
 20 une réduction des performances lors de l'étape de reconnaissance.

La deuxième de ces caractéristiques consiste, en phase de lecture, à faire varier le paramètre considéré dans la plage de valeurs admissibles. C'est ainsi que l'on peut, en modifiant la valeur du courant de la diode laser de lecture, balayer une petite plage de longueurs d'onde. Parmi
 25 les paramètres dont l'invention prévoit de faire varier la valeur, se trouvent en particulier : la focalisation du faisceau de lecture, la position de la source d'illumination, l'inclinaison de l'objet par rapport à ce faisceau. Bien entendu, il est préférable de maintenir à un minimum le nombre de ces paramètres à ajuster et le nombre de valeurs différentes qu'ils peuvent prendre, car la
 30 complexité du lecteur et la durée de l'opération de lecture augmentent rapidement en fonction du nombre de paramètres et de leurs différentes valeurs.

Selon un deuxième mode de mise en oeuvre de l'invention, on rend le système interactif en vérifiant que, pour un paramètre donné, tiré de
 35 manière aléatoire dans la plage de valeurs autorisées (par exemple dans le

cas d'une position particulière du système de lecture par rapport à l'objet), le signal observé soit bien celui que l'on attend. Il est ainsi possible de choisir le niveau de sécurité que l'on souhaite : on peut privilégier avec un même système la rapidité d'identification ou d'authentification, ou la sécurité en multipliant le nombre de vérifications. Cette caractéristique rend le procédé de l'invention à la fois plus robuste et plus difficile à violer.

On va décrire maintenant un mode de réalisation du dispositif de l'invention pour l'application à un lecteur de badges ou de tickets permettant l'accès à des zones protégées. Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à cette application, et peut être mise en œuvre dans de nombreuses autres applications nécessitant une identification ou une authentification d'objets très divers (œuvres d'art, chèques, billets de banque,...).

La performance en reconnaissance est liée à la quantité d'informations recueillie lors de l'étape d'acquisition. Cette quantité d'informations peut être définie par la relation :

$$I = \text{Log} (\text{probabilité a posteriori} / \text{probabilité a priori})$$

la probabilité a posteriori étant la probabilité pour que l'objet reconnu soit le bon, compte tenu de l'observation faite, et la probabilité a priori est la probabilité que l'observation que l'on a faite se produise.

Pour maximiser la quantité d'information des acquisitions, il faut :

- 1) que la probabilité a priori soit aussi faible que possible, ce qui s'obtient en choisissant un nombre de pixels illuminés aussi grand que possible, et en s'assurant que les valeurs d'intensité de ces pixels soient aussi indépendantes que possible entre elles (ce qui n'est pas le cas si la taille des pixels est sensiblement plus faible que celle des grains de tavelures).
- 2) Que la probabilité a posteriori soit aussi grande que possible. Il faut pour cela que les conditions de mesure soient suffisamment reproductibles pour qu'un objet ne donne pas des résultats trop différents au cours du temps ou selon les lecteurs.

On comprend que ces deux contraintes jouent en sens inverses. Concevoir un système admettant un grand nombre de pixels indépendants suppose que l'on maîtrise parfaitement la reproductibilité du système et la stabilité de l'objet. En pratique, si l'on sait acquérir 10 000 pixels indépendants et si l'on définit par seuillage pour chacun de ces pixels deux

états possibles, après un pré-traitement adéquat (destiné justement à les rendre indépendants), la probabilité a priori est de $1/(2^{10\ 000})$, soit de l'ordre de e^{-3000} , ce qui revient à dire qu'il est théoriquement possible de reconnaître 10^{3000} objets différents. En pratique, on ne pourra pas utiliser
 5 pleinement cette performance, car prétendre reconnaître chacun de ces objets supposerait que l'on soit sûr de chacun des pixels de l'acquisition, ou que la probabilité a posteriori soit égale à 1. Ce n'est pas le cas puisque l'on accède à une information analogique, assez dépendante des conditions d'observation, et qu'il faut donc prévoir une méthode de comparaison et un
 10 seuil de décision adaptés à l'acquisition faite.

La méthode de comparaison de l'invention tient compte de la nature des acquisitions qui se présentent sous forme d'images. Une méthode classique de comparaison d'images est la corrélation des images brutes ou issues d'un pré-traitement destiné à les normaliser. Une corrélation est une
 15 comparaison globale des images, et l'on décide que deux images sont identiques si le maximum de corrélation est supérieur à un seuil donné. Le choix du seuil a une incidence importante dans la probabilité a priori : par exemple si l'on travaille sur des signaux binaires de longueur 1000 bits et que l'on fixe le seuil à 0,5, la probabilité a priori passe de 10^{-301} à 10^{-58} .
 20 En pratique, et pour des questions de robustesse, il faut souvent fixer le seuil de décision à une valeur sensiblement plus faible, c'est-à-dire tolérer un pourcentage beaucoup plus important d'erreur. Toujours pour l'exemple de signaux de 1000 bits de longueur, une corrélation avec un seuil fixé à 0,1 conduit à une probabilité a priori de 10^{-3} . On voit donc qu'avec ces
 25 procédés, il n'est pas déraisonnable de partir d'images comportant environ 10 000 pixels indépendants. Un autre facteur réduisant la performance est le fait que la localisation de l'image n'est pas parfaitement définie. On est donc conduit à considérer non seulement le produit de corrélation « central », mais également les produits de corrélation correspondant à des translations
 30 d'images dans une gamme donnée.

On va décrire en référence à la figure 1 un premier mode de réalisation d'un lecteur conforme à l'invention. Ce lecteur 1 comporte une source laser 2, par exemple une diode laser monomode, considérée comme une source ponctuelle 2a, suivie d'une lentille 3 au foyer image 4 de laquelle
 35 est formée l'image de la source 2a. Le foyer 4 coïncide avec le foyer objet

d'une deuxième lentille 5 de courte focale (par exemple 4 mm) dont l'axe optique est perpendiculaire à celui de la lentille 3. Le foyer image de la lentille 5 coïncide avec la surface de l'objet 6 à examiner. La lentille 5 est immédiatement suivie d'un diaphragme 7. Le foyer 4 est amené sur la face oblique de séparation d'un cube 8 de séparation de polarisations. Perpendiculairement à l'axe optique de la lentille 5, à l'opposé de l'objet 6 par rapport au cube 8, on dispose un détecteur 9.

Dans ce dispositif 1, la lentille 3 forme une image du point source 2a au foyer objet de la lentille 5. Ainsi, le faisceau 10 d'illumination de l'objet 6 est collimaté, et sa section est déterminée par le diaphragme 7. La lentille 5 forme une image de la zone éclairée de l'objet 6 sur le détecteur 9. Le cube 8 réfléchit à l'aller le faisceau d'illumination polarisé vers l'objet 6, tandis qu'il ne laisse passer (sans le réfléchir) dans le sens contraire que le faisceau à polarisation orthogonale à la première. Ainsi, on élimine ou on réduit fortement la réflexion spéculaire de l'objet 6.

L'ouverture numérique du système de lecture 1 et la valeur de son grandissement optique sont choisies de telle façon que la taille des grains des tavelures soit supérieure à celle des pixels du détecteur 9, de manière à éviter des phénomènes d'aliasing qui nuiraient à la qualité de la reconnaissance. A titre d'exemple, on peut travailler sur un champ objet ayant des dimensions de l'ordre $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$. Si la surface utile du détecteur 9 est de $5\text{mm} \times 5\text{mm}$, le grandissement optique peut être de 10 fois. Si le détecteur 9 comporte une matrice de 256×256 pixels, on ne pourra échantillonner correctement que 10^4 grains de tavelures. La résolution du système de lecture est volontairement limitée à $5\mu\text{m}$ dans le plan objet, par exemple en limitant l'ouverture numérique à 0,1 à l'aide du diaphragme 7.

Le lecteur 1 comporte également des moyens de positionnement précis (non représentés) de l'objet 6 ainsi que des moyens de calcul (non représentés) permettant de comparer l'image numérique observée avec l'image attendue (enregistrée) pour l'objet à vérifier. De façon avantageuse, le système 1 comporte également des moyens de lecture (non représentés) des informations contenues à la surface ou à l'intérieur de l'objet 6 (piste magnétique, puce électronique, zone de stockage optique, code à barres,...).

On a représenté en figure 2 un autre mode de réalisation 10 du dispositif optique du système de lecture de l'invention. Sur cette figure, des éléments similaires à ceux de la figure 1 sont affectés des mêmes références numériques. La différence principale par rapport au dispositif de la figure 1 réside dans le fait que les axes optiques des lentilles 3 et 5 sont confondus, ces deux lentilles étant disposées de part et d'autre du cube séparateur 8, entre l'objet 6 et le détecteur 9. La source laser 2 éclaire directement la face oblique du cube 8, et elle est située au foyer objet de la lentille 3 (compte tenu de la réflexion du faisceau laser sur la face oblique du cube 8).

On va décrire en référence à la figure 3 un mode de réalisation du système d'enregistrement de figures de tavelures conforme à l'invention. De façon générale, le système d'enregistrement est similaire au système de lecture. La différence entre eux réside principalement dans les moyens permettant de faire varier, lors de l'enregistrement, divers paramètres critiques qui peuvent différer d'un système de lecture à l'autre (ces systèmes de lecture doivent généralement être bon marché, car produits à un grand nombre d'exemplaires, et donc leurs caractéristiques ne sont pas identiques d'un système à l'autre). Ces paramètres critiques sont en particulier la longueur d'onde de la source laser, la distance de focalisation, le positionnement de l'objet à examiner. Ce système d'enregistrement, qui est unique, ou produit à un faible nombre d'exemplaires, doit être de meilleure qualité que les systèmes de lecture. Il sert à enregistrer autant d'images de tavelures de référence qu'il y a de combinaisons de paramètres critiques à considérer et susceptibles de varier. L'ensemble de ces figures constitue la base de données de référence permettant de mener à bien une authentification ou une identification.

Sur la figure 3, des éléments similaires à ceux des figures 1 et 2 sont affectés des mêmes références numériques. Le dispositif 11 de la figure 3 comporte le même dispositif d'imagerie optique que celui de la figure 2, à savoir les lentilles 3 et 5 à axes optiques confondus et disposées de part et d'autre du cube séparateur 8. La source laser 2 est disposée au foyer objet de la lentille 3. Le diaphragme 7 est disposé tout de suite après (dans le sens aller du faisceau de la source laser) la lentille 3. L'objet 6a (on cherche à vérifier s'il est effectivement authentique, c'est-à-dire l'objet 6 lui-même, qui a servi à réaliser la base de données) est placé de la même façon

que l'objet 6. En outre, on a représenté sur la figure 3 un actuateur 12 qui sert à faire varier de façon très fine (de quelques microns ou dizaines de microns, par exemple) la distance de focalisation du faisceau laser sur l'objet 6a, en faisant varier, par exemple, la position de la lentille 3. On peut également faire varier l'ouverture du diaphragme 7. Bien entendu, d'autres moyens (non représentés) permettent de faire varier les autres paramètres critiques du système d'enregistrement (longueur d'onde laser, etc, comme précisé ci-dessus).

Les images enregistrées dans la base de données peuvent être des images brutes fournies par le détecteur du système d'enregistrement. Cependant, l'invention prévoit d'enregistrer des images pré-traitées, de préférence sous forme compressée, en particulier lorsque la base de données doit comporter un grand nombre d'images. Le pré-traitement peut être réalisé de nombreuses façons. Du fait que la transformée de Fourier de l'image (obtenue par exemple par F.F.T.) est bien adaptée à la reconnaissance en lecture, elle est une des méthodes de pré-traitement préférées de l'invention. Afin de normaliser l'image de référence ainsi obtenue, on la divise par son module, c'est-à-dire que l'on ne conserve que son information de phase, ce qui revient à effectuer une opération de "blanchiment" du spectre de l'image. De plus, afin de ne garder que la partie reproductible de l'information, on supprime les valeurs correspondant aux fréquences spatiales basses, qui comportent des termes liés à l'objet (à réflectivité moyenne), à l'illumination (pour éviter des inhomogénéités du faisceau d'illumination), et qui peuvent également comporter des résidus de repliement de spectre. On supprime également les valeurs correspondant aux fréquences spatiales élevées, dont le rapport signal à bruit est plus faible. Les valeurs retenues sont codées avec un nombre de bits aussi faible que possible, sans toutefois trop réduire la probabilité de reconnaissance. Il faut trouver, selon le niveau de sécurité recherché, et selon le volume maximal désiré de la base de données, un compromis entre le nombre de valeurs retenues pour chaque référence et la dynamique des références. On a représenté en figure 4 un exemple de domaine spectral retenu pour constituer une base de données de références. Sur cette figure 4, les axes de coordonnées sont gradués en valeurs normalisées de fréquences spatiales des figures de tavelures, en x et en y. Le contour 13, défini pour

des fréquences inférieures à la moitié de la fréquence spatiale normalisée, englobe l'ensemble des fréquences spatiales de l'image, et délimite une surface fermée 14 (en grisé) à l'intérieur de laquelle on a tracé un exemple de domaine spectral retenu 15 (hachuré) contenu dans la surface 14.

5 D'autres transformations d'images, conduisant à une réduction de la taille de la base de données avec une perte d'informations réduite peuvent être mises en œuvre dans le cadre de l'invention, par exemple les transformées en ondelettes ou les transformées en cosinus. Comme dans les méthodes classiques de compression d'images, on ne retient qu'un
10 certain nombre de coefficients de la transformée, parmi les plus significatifs. Compte tenu du spectre de ces images, assez uniforme, et très différent de celui des images naturelles, on peut choisir a priori les composantes à retenir, comme précisé pour le procédé décrit ci-dessus, et contrairement à ce qui se fait classiquement en codage-compression d'images.

15 Le procédé de l'invention procède de la façon suivante pour l'authentification locale. Le système de lecture possède la clé publique qui lui permet de lire et de décrypter sur la carte la signature de l'image de tavelures. Après un pré-traitement destiné à isoler la zone utile de l'image, une comparaison est faite entre la signature optique observée et la signature
20 stockée sur la carte. Cette comparaison peut être faite selon une méthode classique dite de « pattern matching », par exemple par une corrélation entre l'image observée et l'image de référence, comme précisé ci-dessus. Compte tenu des propriétés bien connues de la corrélation, si l'image de référence a été stockée sous la forme de composantes spectrales, comme précisé ci-
25 dessus, l'opération de comparaison consiste essentiellement à prendre la transformée de Fourier de l'image observée et de faire le produit des composantes spectrales retenues par celles de la référence. Le résultat de l'opération est ensuite comparé à un seuil pour décider de l'authenticité.

30 Selon une forme alternative du procédé de l'invention, la décision d'authenticité est prise de préférence à l'aide d'un critère hybride pondérant plusieurs résultats, par exemple :

- le logarithme de l'écart entre l'amplitude du pic de corrélation et un seuil prédéfini,

des fréquences inférieures à la moitié de la fréquence spatiale normalisée, englobe l'ensemble des fréquences spatiales de l'image, et délimite une surface fermée 14 (en grisé) à l'intérieur de laquelle on a tracé un exemple de domaine spectral retenu 15 (hachuré) contenu dans la surface 14.

5 D'autres transformations d'images, conduisant à une réduction de la taille de la base de données avec une perte d'informations réduite peuvent être mises en œuvre dans le cadre de l'invention, par exemple les transformées en ondelettes ou les transformées en cosinus. Comme dans les méthodes classiques de compression d'images, on ne retient qu'un
10 certain nombre de coefficients de la transformée, parmi les plus significatifs. Compte tenu du spectre de ces images, assez uniforme, et très différent de celui des images naturelles, on peut choisir a priori les composantes à retenir, comme précisé pour le procédé décrit ci-dessus, et contrairement à ce qui se fait classiquement en codage-compression d'images.

15 Le procédé de l'invention procède de la façon suivante pour l'authentification locale. Le système de lecture possède la clé publique qui lui permet de lire et de décrypter sur la carte la signature de l'image de tavelures. Après un pré-traitement destiné à isoler la zone utile de l'image, une comparaison est faite entre la signature optique observée et la signature
20 stockée sur la carte. Cette comparaison peut être faite selon une méthode classique dite de corrélation de motifs (« pattern matching » en anglais), par exemple par une corrélation entre l'image observée et l'image de référence, comme précisé ci-dessus. Compte tenu des propriétés bien connues de la corrélation, si l'image de référence a été stockée sous la forme de
25 composantes spectrales, comme précisé ci-dessus, l'opération de comparaison consiste essentiellement à prendre la transformée de Fourier de l'image observée et de faire le produit des composantes spectrales retenues par celles de la référence. Le résultat de l'opération est ensuite comparé à un seuil pour décider de l'authenticité.

30 Selon une forme alternative du procédé de l'invention, la décision d'authenticité est prise de préférence à l'aide d'un critère hybride pondérant plusieurs résultats, par exemple :

- le logarithme de l'écart entre l'amplitude du pic de corrélation
35 et un seuil prédéfini,

- la distance entre la position actuelle du pic de corrélation et la position nominale,
- la variance de ces données sur plusieurs mesures successives.

5 La détermination de la position du pic de corrélation nécessite de prendre la transformée de Fourier inverse du produit de l'image et de la référence, ce qui est plus coûteux en termes de puissance de calcul. En revanche, l'utilisation conjointe de ces diverses données permet d'éviter les fausses alarmes et d'évaluer la vraisemblance de la mesure avant la prise de
10 décision. Si la comparaison échoue, le lecteur peut recommencer l'opération après avoir modifié un paramètre, par exemple la longueur d'onde de la source laser.

Une variante du procédé d'authentification selon l'invention consiste à pratiquer l'authentification sur un site éloigné des lecteurs, par
15 exemple à l'emplacement d'un serveur relié aux différents lecteurs et à un enregistreur. L'étape d'authentification se fait à partir de la base de données enregistrée lors de l'étape d'enregistrement. Selon cette variante, la signature optique de l'image de tavelures et la référence de l'objet sont fournies, ainsi que les paramètres du lecteur. Le serveur effectue la
20 comparaison entre l'image optique telle que lue par un lecteur et l'image de référence de l'objet correspondant aux paramètres fournis au serveur.

De façon avantageuse, l'invention prévoit d'effectuer périodiquement ou à chaque utilisation d'un lecteur des calibrations des divers paramètres nécessaires à l'authentification, en particulier des
25 paramètres critiques. Ces calibrations se font à l'aide d'une ou de plusieurs images de tavelures d'objets de calibration. En variante, l'objet de calibration peut être le support du système de lecture. Les paramètres du lecteur utilisé sont déterminés localement ou par le serveur auquel il est relié.

Selon un autre aspect du procédé de l'invention, l'authentification
30 est effectuée à partir d'une interrogation d'un lecteur. Dans ce cas, le lecteur en question comporte une lentille de focalisation (lentille 5 des modes de réalisation décrits ci-dessus) montée sur des actionneurs permettant des déplacements dans une ou deux directions du plan perpendiculaire à l'axe optique de la lentille. De façon avantageuse, ces actionneurs permettent un
35 réglage automatique et précis de la focalisation. Une image de tavelures de

la zone observée de l'objet se forme sur le capteur bidimensionnel du détecteur (détecteur 9). Le processus d'authentification est alors mis en œuvre de la façon suivante.

L'objet observé, par exemple une carte d'accès à un lieu protégé, est pré-positionné sous la lentille du lecteur optique, grâce à un dispositif mécanique de guidage approprié. L'image de tavelures est transmise au dispositif de validation en même temps que les données d'identification portées par la carte ou fournies par le porteur de la carte. Le dispositif de validation compare l'image de tavelures reçue à l'image correspondant à la référence de l'objet (mémorisée dans le dispositif de validation ou transmise depuis une base de données). Si l'objet est bien celui qui est déclaré, le résultat de la comparaison est positif. Si la comparaison est basée sur une corrélation, des données de positionnement de l'objet par rapport au capteur sont fournies au dispositif de validation. Ces données constituent une mesure de l'erreur de positionnement de l'objet sous le capteur. Elles peuvent être fournies aux dispositifs de positionnement de l'objet pour permettre d'effectuer une correction de la position de l'objet. Dans ce cas, une deuxième mesure, effectuée après une telle correction de position, doit améliorer la qualité de reconnaissance et permettre de manière pratiquement certainé l'authentification de l'objet.

Si la deuxième mesure fournit des résultats incohérents avec ceux de la première (par exemple si la nouvelle erreur de position trouvée n'est pas proche de zéro ou si le résultat ne s'est pas amélioré notablement), il y a de fortes probabilités que l'objet examiné ne soit pas le bon.

Afin d'augmenter la robustesse du procédé d'authentification, il est possible d'« interroger » le lecteur. La position « zéro » ayant été déterminée conformément aux étapes exposées ci-dessus, on peut demander au lecteur de se positionner sur un point dont les coordonnées auront été tirées au hasard parmi un ensemble déterminé de valeurs. Le lecteur doit alors pouvoir fournir une image de tavelures correspondant à celle enregistrée dans la base de données pour ces coordonnées d'observation et cet objet. La probabilité de fausse acceptation est ainsi sensiblement diminuée. Inversement, on peut mettre en œuvre ce même processus pour confirmer l'acceptation d'un objet sur un premier résultat de reconnaissance douteux. Les coordonnées explorées peuvent être celles

d'un plan perpendiculaire à l'axe optique de la lentille de focalisation (lentille 5) ou la coordonnée selon cet axe optique (c'est-à-dire une translation du plan de focalisation parallèlement à lui-même, selon le nombre de degrés de liberté desdits actuateurs.

5 Cette façon de procéder à l'authentification présente plusieurs avantages. Le premier est que le système est rendu plus tolérant aux erreurs de positionnement ou aux déformations de l'objet. Le deuxième est que la comparaison se fait sur une zone plus étendue de l'objet, ce qui rend plus difficile sa copie, et préserve le système des problèmes de fonctionnement
10 liés à une dégradation locale de l'objet (ce qui peut se produire avec des objets manipulés fréquemment, qui peuvent être rayés, poinçonnés,...). Le troisième est que le lecteur est en mesure de répondre à une sollicitation imprévisible du système (qui tire au hasard les coordonnées du point à observer), ce qui rend plus complexe le piratage du dispositif de lecture par
15 un dispositif matériel ou logiciel qui répondrait à sa place. Il faudrait dans ce cas que le pirate puisse avoir accès à l'ensemble des données sur la surface ou dans le volume actif de l'objet.

En variante du procédé de l'invention, le dispositif de focalisation peut utiliser un faisceau auxiliaire focalisé sur la surface de l'objet à
20 examiner. Le détecteur d'erreur de focalisation peut, dans ce cas, être d'un type connu, tel que le senseur astigmatique souvent utilisé dans les têtes de lecture de disques optiques. Cependant, il peut être plus simple d'observer directement le signal de tavelures qui sert à authentifier l'objet. Un procédé possible consiste à mettre l'objectif dans sa position de focalisation la plus
25 probable, à effectuer la comparaison avec la figure de tavelures attendue, puis à faire varier légèrement cette position. La variation du résultat de la comparaison permet d'évaluer la correction à apporter à la position de l'objectif pour augmenter la qualité du résultat, et donc d'approcher la position de meilleure focalisation, ce qui s'apparente à la méthode du
30 gradient.

Dans ce qui précède, on a considéré que le dispositif optique était conçu de manière à produire sur le détecteur une image de la zone utile de l'objet. Ce dispositif peut, en variante, fonctionner si le détecteur n'est pas dans le plan image du dispositif optique. Le détecteur peut alors être dans un
35 plan conjugué du plan de la pupille du dispositif optique, qui est le plan de

Fourier de l'objet illuminé. Dans ce cas, le filtrage spatial des tavelures, respectant les conditions d'échantillonnage de Shannon peut se faire soit en limitant la dimension de la tache d'illumination sur l'objet, soit en appliquant un diaphragme sur un plan image intermédiaire. Il a été constaté que la
 5 disposition du capteur sur un plan « intermédiaire » (entre le plan image et le plan de Fourier) peut représenter un meilleur compromis de conception du système vis-à-vis de l'adaptation de la taille des grains de tavelures à la résolution spatiale du détecteur.

Dans ce qui a été exposé ci-dessus, on a considéré que
 10 l'illumination de l'objet était uniforme et collimatée. Le système de l'invention fonctionne également même lorsque ces conditions ne sont pas respectées.

On a représenté en figure 5 le schéma simplifié d'un dispositif d'enregistrement conforme à l'invention, dans lequel l'enregistrement se fait par un procédé d'holographie électronique. Dans ce dispositif 16, la source
 15 laser 17 est placée au foyer objet d'une lentille 18 de collimation qui est suivie d'un cube séparateur 19 dont elle illumine la face oblique semi-réfléchissante. Une partie du faisceau parallèle issu de la lentille 18 traverse cette face oblique et arrive perpendiculairement sur un miroir 20 mû par un actuateur piézo-électrique. Le faisceau réfléchi par le miroir 20 arrive sur la
 20 face oblique du cube 19, sur laquelle il se réfléchit en direction d'un détecteur 21. La partie du faisceau, issu de la lentille 18, qui ne traverse pas la face oblique du cube 19, se réfléchit en direction de l'objet à examiner 22 un diaphragme 23. La partie du faisceau parallèle, issu de la lentille 18, et qui est renvoyée vers le détecteur 21, sert de faisceau de référence pour le
 25 dispositif de détection holographique. Le détecteur 21 reçoit donc une illumination constituée de la combinaison du faisceau de référence et d'un faisceau rétrodiffusé par l'objet 22 (qui passe directement par le cube 19). Selon une technique bien connue, on enregistre plusieurs hologrammes ainsi obtenus, en faisant varier à chaque fois la longueur du chemin optique du
 30 faisceau de référence grâce à l'actuateur du miroir 20. Selon la technique utilisée, on enregistre trois ou quatre images d'intensité correspondant à des variations de marche de $k.2\pi/3$ ou de $k.\pi/2$. A partir de ces acquisitions, il est possible d'extraire le champ complexe diffusé par l'objet. Il est alors possible, en appliquant les lois bien connues de formation des images, de calculer des
 35 images d'intensité correspondant à ce qu'observerait un dispositif optique

conventionnel comportant une lentille simple et un détecteur d'intensité, tel qu'un CCD, placés à des positions bien définies.

L'intérêt de ce procédé est d'enregistrer une image holographique de l'objet, ce qui permet de recalculer l'image telle qu'elle serait vue par un
5 dispositif d'observation de caractéristiques légèrement différentes des caractéristiques nominales. Cependant, si le milieu illuminé de l'objet est très diffusant, il sera quand même nécessaire d'enregistrer des hologrammes correspondant aux diverses longueurs d'onde possibles pour l'observation, car, les trajets de la lumière étant multiples, le champ rétrodiffusé ne dépend
10 pas de manière simple de la longueur d'onde d'observation.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'authentification et d'identification optique d'objets,
5 caractérisé en ce qu'il consiste à illuminer en lumière cohérente une surface
au moins partiellement diffusante en volume d'objets de référence dans des
conditions d'illumination précises, à enregistrer les figures de tavelures ainsi
obtenues pour différentes valeurs nominales de paramètres d'illumination
ainsi que dans une fourchette de valeurs autour de ces valeurs nominales,
10 puis, lors de la vérification d'autres objets ou de ces mêmes objets, à
illuminer ces objets dans les mêmes conditions nominales et à comparer à
chaque fois la figure de tavelures ainsi obtenue avec celles qui ont été
enregistrées et à retenir les objets si leur figure de tavelures correspond à
l'une de celles qui ont été enregistrées.

15

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les
paramètres sont l'un au moins des paramètres suivants : longueur d'onde
d'illumination des objets, distance de focalisation sur l'objet de référence,
position de la source d'illumination, orientation des objets.

20

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les
figures de tavelures sont pré-traitées avant enregistrement

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le pré-
25 traitement consiste à compresser les images.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la
compression consiste à effectuer l'une au moins des opérations suivantes :
transformée de Fourier, transformée rapide de Fourier, transformée en
30 ondelettes, transformée cosinus.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'on
normalise l'image en ne conservant que son information de phase.

35

7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le pré-
traitement consiste également à supprimer dans les images les valeurs

correspondant aux fréquences spatiales basses et aux fréquences spatiales élevées.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la comparaison des figures de tavelures est faite par corrélation.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la décision d'une comparaison est prise à partir de critères pondérant au moins un des résultats suivants :

- le logarithme de l'écart entre l'amplitude du pic de corrélation et un seuil prédéfini,
- la distance entre la position actuelle du pic de corrélation et la position nominale,
- la variance de ces données sur plusieurs mesures successives.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on constitue une base de données de figures de référence et que l'authentification ou l'identification est effectuée à partir de cette base de données.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on effectue une calibration des lecteurs à l'aide d'une image de calibration pour déterminer les paramètres critiques.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on procède à l'authentification ou à l'identification par interrogation d'un lecteur.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'enregistrement des figures de tavelures se fait en holographie.

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les caractéristiques de la partie optique du lecteur sont ajustables

et que l'on corrige l'erreur de positionnement éventuelle de l'objet en tendant à réduire son erreur de mesure.

5 15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la position « zéro » du lecteur ayant été déterminée, on positionne le lecteur selon des coordonnées tirées au hasard et on compare l'image de tavelures obtenue avec l'image qui devrait être théoriquement obtenue.

10 16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on enregistre, en plus des images de tavelures, des informations d'identification de l'objet d'une autre nature.

15 17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que les informations d'identification sont contenues à la surface ou à l'intérieur de l'objet.

20 18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que les informations d'identification sont portées par l'un au moins des supports suivants : piste magnétique, puce électronique, zone de stockage optique, code à barres.

25 19. Dispositif d'authentification et d'identification optique d'objets caractérisé en ce qu'il comporte : un dispositif optique d'enregistrement à source laser (2, 17), un dispositif de mémorisation et un dispositif de lecture optique (1, 10) à source laser (2), des paramètres de ces dispositifs optiques étant modifiables.

30 20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que les paramètres modifiables sont l'un au moins des paramètres suivants : longueur d'onde de la source laser, direction d'émission du faisceau laser, focalisation du faisceau laser, position de la source laser, inclinaison et position de l'objet par rapport au faisceau laser.

1 →

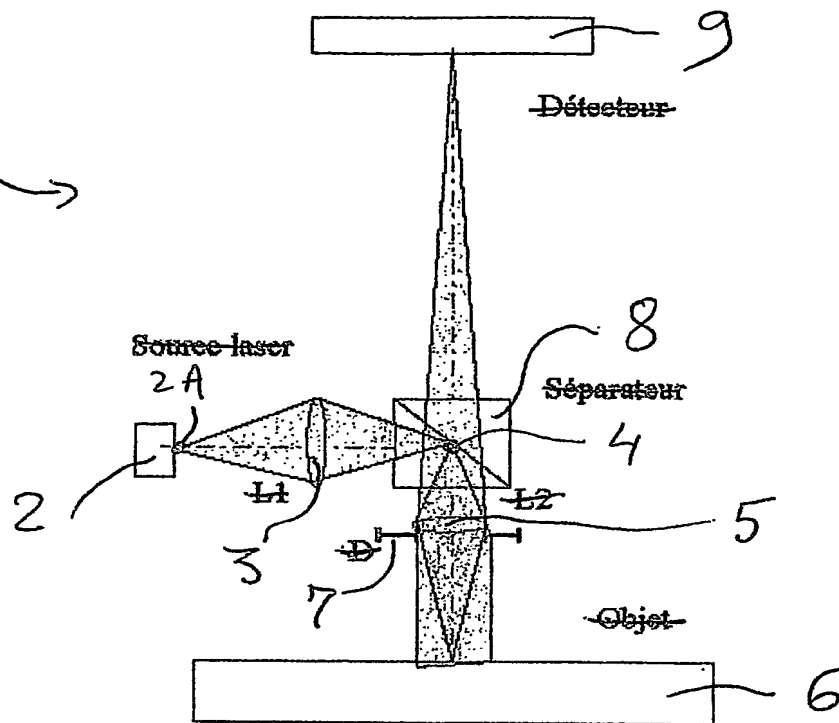


Figure 1

10 →

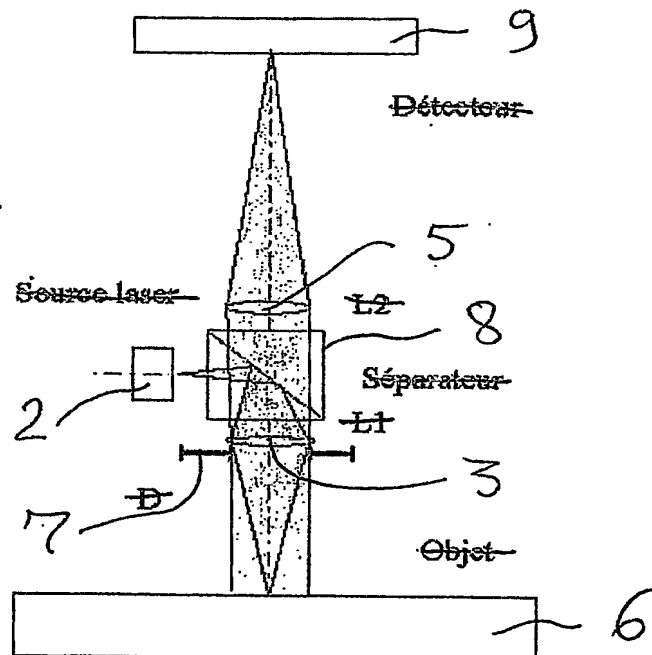


Figure 2

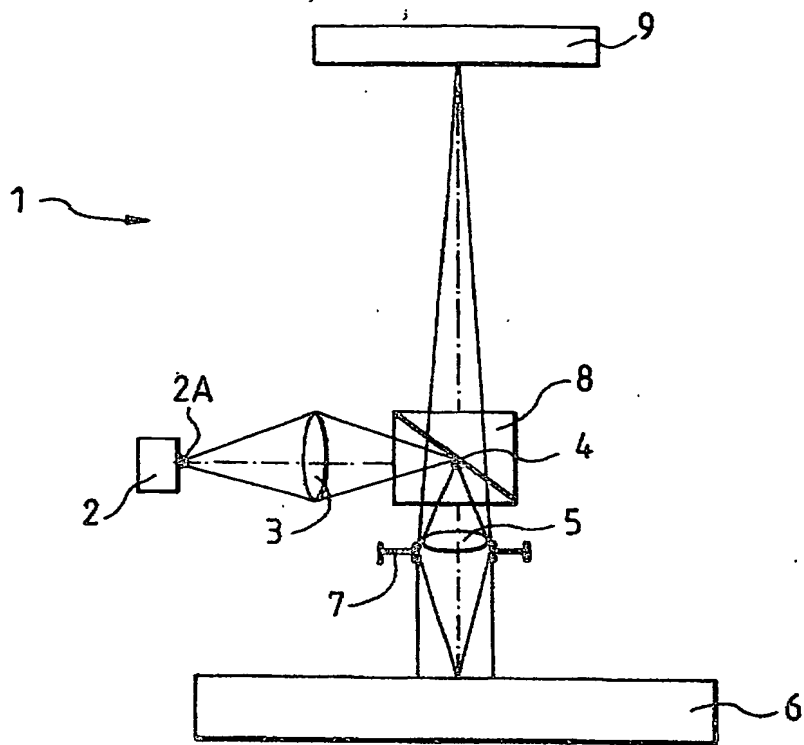


FIG.1

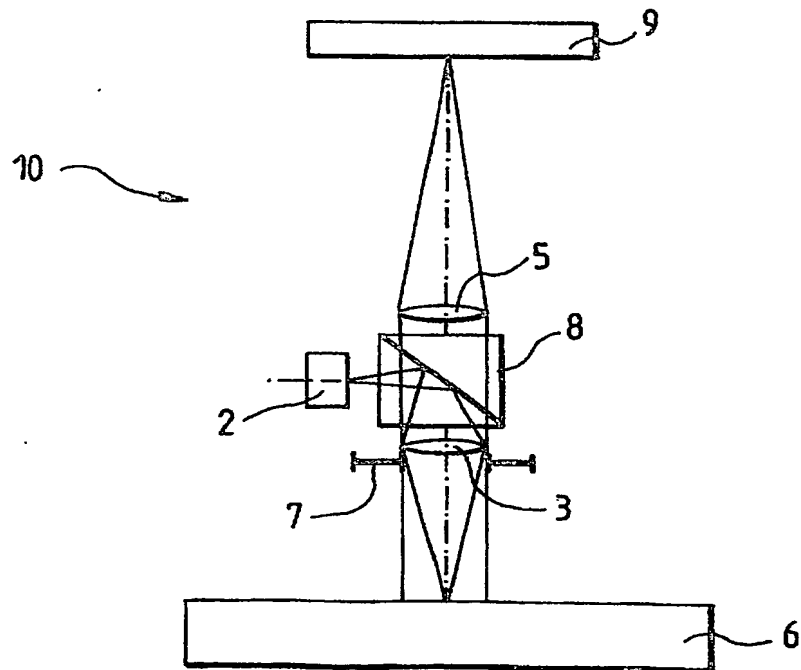


FIG.2

2/3

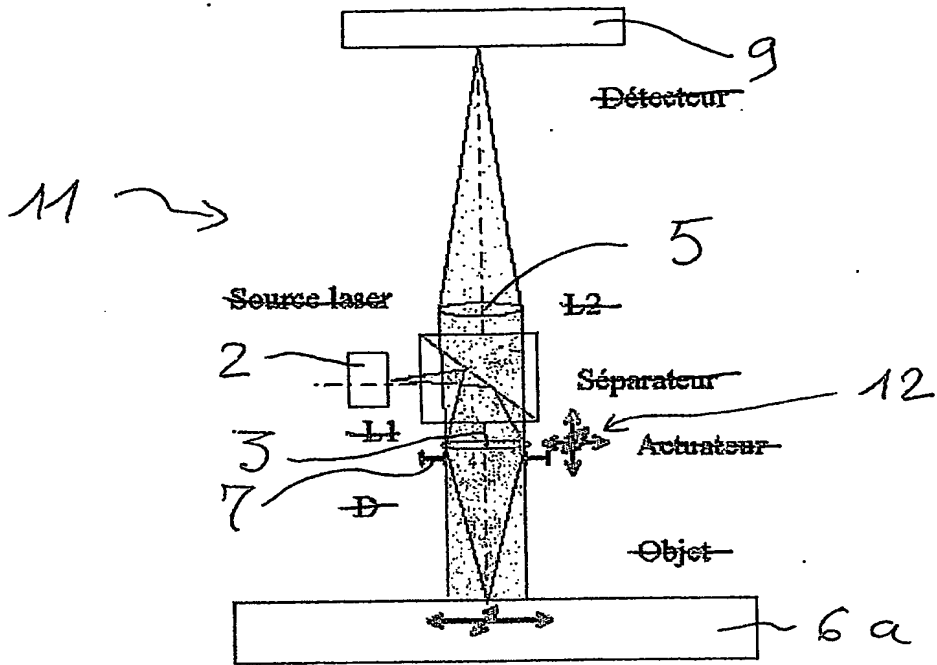


Figure 3

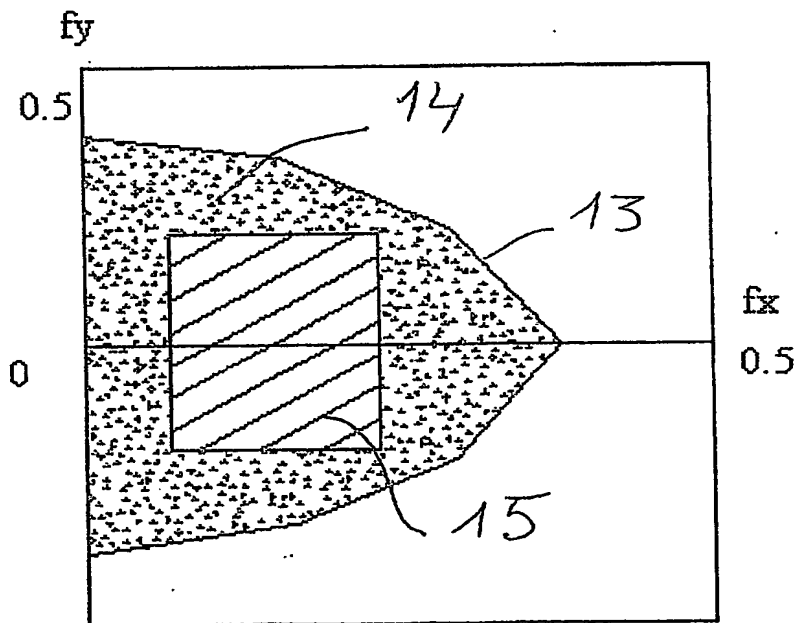


Figure 4

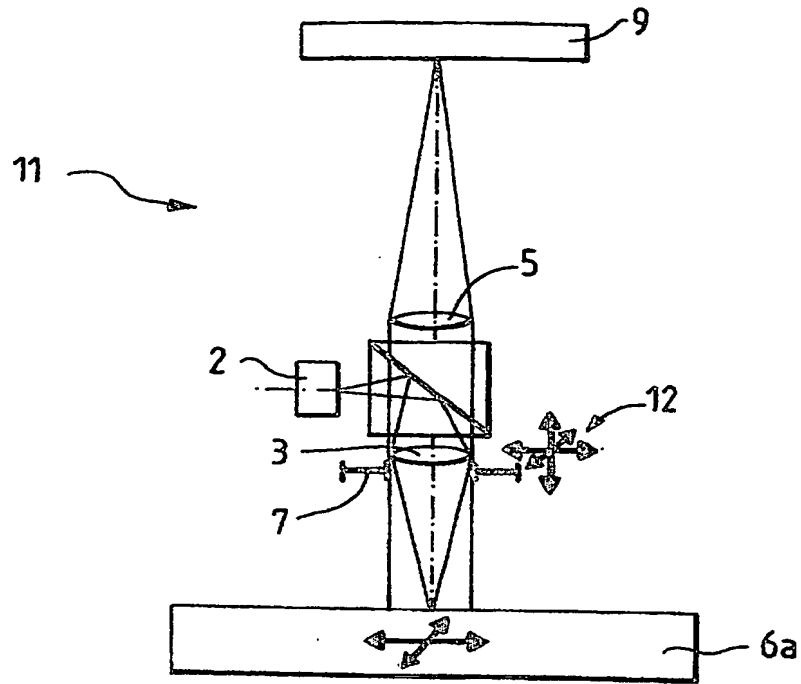


FIG. 3

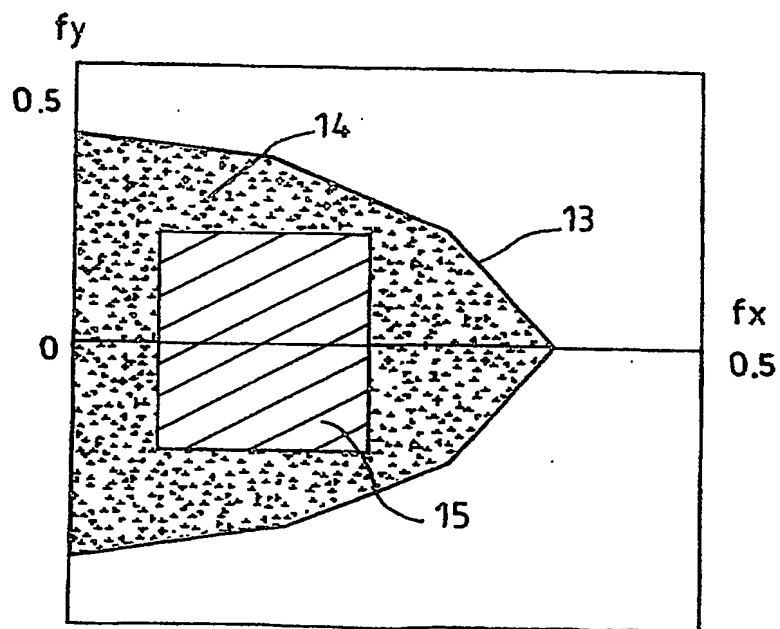
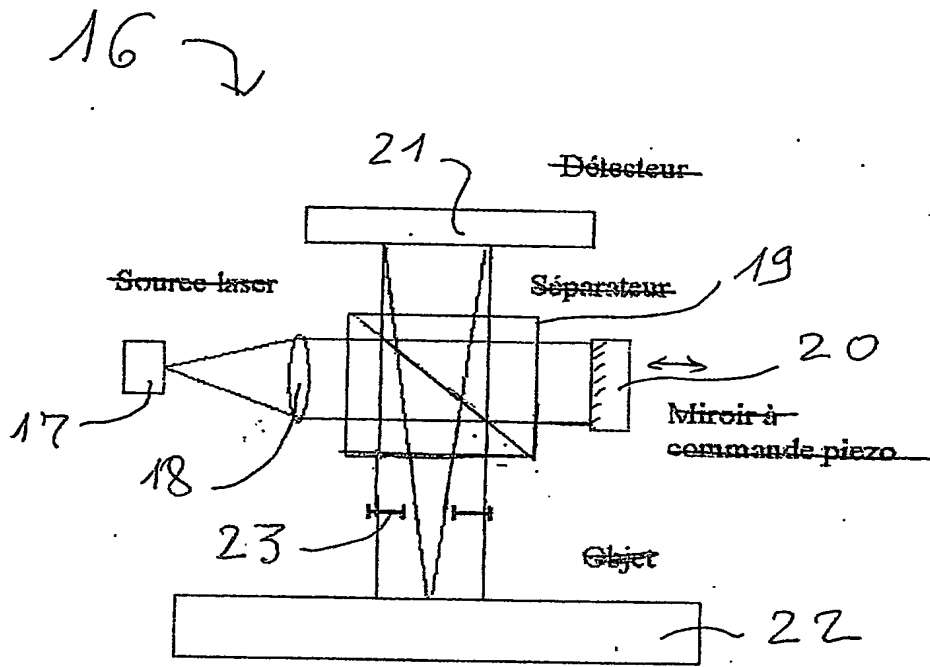


FIG. 4



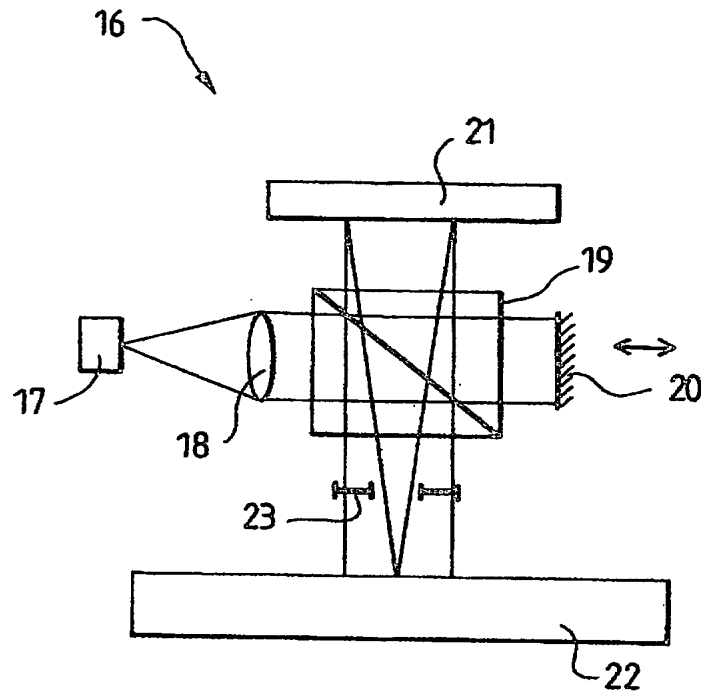
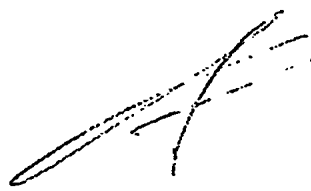


FIG. 5

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 123 45 6789

Vos références pour ce dossier (facultatif)		62 976	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0216366	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
PROCÉDE D'AUTHENTIFICATION ET D'IDENTIFICATION OPTIQUE D'OBJETS ET DISPOSITIF DE MISE EN ŒUVRE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
THALES			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		COLINEAU	
Prénoms		Joseph	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13 avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		LEHUREAU	
Prénoms		Jean-Claude	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13 avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BINET	
Prénoms		Renaud	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13 avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
Vladimir CHAVERNEFF			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.